

盐源西范坪斑岩铜矿综合物探找矿模式及效果

何国平¹, 胡正文², 郑伟¹, 冯天勇¹, 邹华敏¹

(1.四川省冶金地质勘查院, 成都 610000; 2.四川省冶金地质六〇五大队, 四川彭山 620800)

摘要:分析盐源西范坪斑岩铜矿区的地质地球物理特征, 开展一系列综合物探方法的试验研究工作, 确定地面高精度磁测、激电中梯、激电测深及伽玛能谱相结合为该矿区有效的综合物探勘查模式。通过钻探施工, 验证了矿区综合物探方法的找矿效果。

关键词:斑岩铜矿; 综合物探; 高精度磁测; 激电中梯; 激电测深; 伽玛能谱

盐源西范坪斑岩铜矿地质工作始于上世纪 90 年代中期, 多家地质单位曾先后在此区开展工作。2009~2011 年, 四川省冶金地质勘查院所属地勘院、六〇五大队、鑫顺公司在矿区开展详查工作, 项目相继开展地面高精度磁测、激电中梯、激电测深、伽玛能谱等多种物探方法找矿试验研究, 主要目的是确定矿区斑岩铜矿的物探找矿标志, 建立物探勘查模式。通过物探工作实施发现, 矿区采用高精度磁测、伽玛能谱圈定斑岩体及划定接触带, 激电中梯圈定激电异常, 有效的缩小找矿靶区。同时, 在成矿有利地段开展激电测深, 推测矿体的空间赋存位置, 为工程布设提供依据, 地质工作取得突破性进展。

1 矿区地质特征

盐源西范坪斑岩铜矿位于扬子地台北缘盐源—丽江台缘拗陷盆地北部、小金河断裂南侧。含矿岩体产于北西向、北东向断裂的交汇处。围岩是上二叠统峨眉山玄武岩组玄武岩, 乐平组砂岩和下三叠统青天堡组砾岩、砂岩, 其中峨眉山玄武岩含铜背景值高达 $80 \sim 100 \times 10^{-6}$, 青天堡组地层含铜背景值 $40 \sim 60 \times 10^{-6}$, 在上述地层中有玄武岩铜矿和砂岩铜矿产出, 是很好的矿源层。

区内岩浆活动的主要时期是喜山期, 为中酸性的浅成—超浅成复式岩体, 具斑状结构, 岩石类型以石英二长斑岩

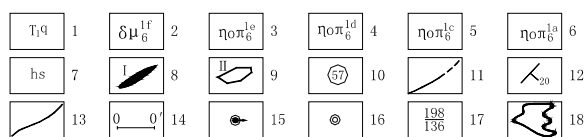
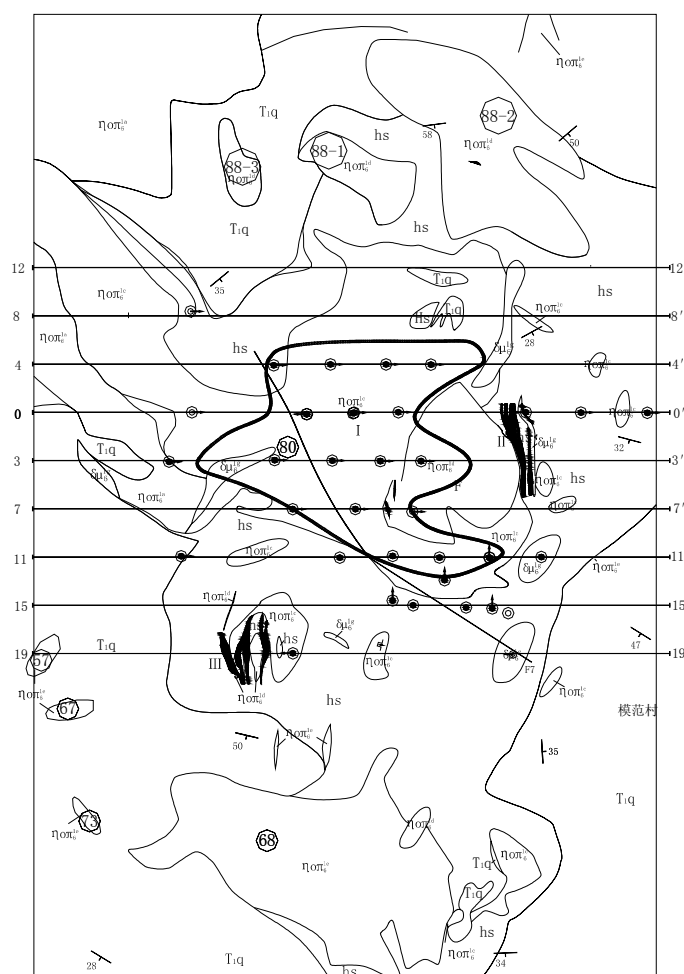


图1 矿区地质图

1. 青天堡组: 碎屑岩、砂泥质岩。铜矿化富集层位;
2. 闪长玢岩;
3. 中细斑状黑云石英二长斑岩;
4. 中细斑状角闪石英二长斑岩;
5. 巨粗斑状黑云石英二长斑岩;
6. 巨粗斑状角闪石英二长斑岩;
7. 角岩;
8. 铜矿体;
9. 次生富集矿体地表投影;
10. 岩体编号;
11. 断层;
12. 岩层产状;
13. 地质界线;
14. 地质勘探线;
15. 见矿钻孔;
16. 未见矿钻孔;
17. 点线号;
18. 1号矿带地表投影范围

收稿日期: 2012-08-19

作者简介: 何国平 (1981-), 男, 湖北潜江人, 物探工程师, 研究方向: 磁法、电法勘探

为主, 次为闪长玢岩。大规模中酸性岩浆活动, 同时相伴大量热液活动, 为成矿物质的运移、富集创造了良好条件, 形成一系列矿产。新近纪强烈的陆内改造活动导致该区富碱斑岩侵入, 为斑岩铜矿成矿创造了条件。

矿区出露斑岩体超过 100 个, 含铜矿斑岩体以 80 号斑岩体为代表, 位于矿区东南部西范坪复式背斜的南倾伏端, 为复式岩体。岩体呈心形出露, 面积 0.58 km^2 , 以岩株状侵入于三叠系下统青天堡组地层中。矿区共圈出 3 个矿带 16 个矿体, I 矿带中矿体为斑岩型铜矿体, 产于 80 号岩体氧化带、次生富集带及原生带中, 其围岩以巨粗粒黑云石英二长斑岩为主, 中细粒黑云石英二长斑岩、中细粒角闪石英二长斑岩、巨粗粒角闪石英二长斑岩次之, 黑云闪长玢岩少量。II、III 矿带为接触带角岩型铜矿体, 产于接触带角岩内, 其围岩为黄铁矿化黑云母角岩, 黄铁矿呈浸染状、细脉状、网脉状和团块状产出 (图 1)。

根据蚀变组合可分为 6 个蚀变分带, 分别是黑云母-钾长石化带 (Bi-Kfs)、绢云母-石英化带 (Ser-Qt)、方解石-绢云母-绿泥石化带 (Cc-Ser-Chl)、阳起石化带 (Act)、钠长石-粘土化带 (Alb-Cla)、绢云母-绿泥石化带 (Ser-Chl)。具有青盘岩化、绢英岩化、黑云钾长石化分带标志的斑岩体是含铜斑岩体。矿物组合以含硫化物为主, 即黄铁矿、黄铜矿、辉铜矿、自然铜、孔雀石等。孔雀石、褐铁矿化是斑岩铜矿最直接的找矿标志。

2 岩 (矿) 石的物性特征

根据文献^{[1][2]}有关岩 (矿) 石物性资料, 结合部分钻孔的实测数据, 综合整理的盐源西范坪斑岩铜区岩 (矿) 石磁性、电性见表 1, 放射性参数见表 2。

2.1 磁性特征

从表 1 可知, 角岩磁性最强, 其次是玄武岩、闪长玢岩, 再次是黑云石英二长斑岩、角闪石英二长斑岩, 砂岩基本无磁性; 矿区角岩磁性变化较大 (K 的变化范围为 $359 \sim 9873 \times 4\pi \cdot 10^{-6} \text{ (SI)}$), J_r 的变化范围为 $79 \sim 5436 \times 10^{-3} \text{ A/m}$), 可能是斑岩体在蚀变过程中生成的磁铁矿、角闪石 (暗边化) 等铁磁性矿物所致。野外工作情况表明: 位于斑岩与青天堡组接触带部位一般能观测到强度不大 ($\Delta T=100 \sim 600 \text{ nT}$) 且断续分布的低弱磁异常, 这种低弱的磁异常对于确定斑岩接触带具有十分重要意义。

2.2 电性特征

黄铜矿、黄铁矿、辉钼矿等硫化矿物 (极化率 $>7\%$), 电阻率 $<400 \Omega \cdot \text{m}$), 表现为低阻高极化特征; 黑云石英二长斑岩及角闪石英二长斑岩具有相对高阻中等极化率 (极化率视斑岩体内硫化物含量而定) 特征; 围岩玄武岩、闪长玢岩及砂岩表现为高阻低极化特征。由此可见, 矿体与围岩存在明显电性差异, 黄铁矿为激电异常的主要干扰因素。

表 1 矿区岩 (矿) 石磁、电性参数

岩 (矿) 石名称	测定数	极化率 η (%)		电阻率 ρ ($\Omega \cdot \text{m}$)		磁化率 K ($4\pi \cdot 10^{-6} \cdot \text{SI}$)		剩磁 J_r 10^{-3} A/m	
		变化范围	常见值	变化范围	常见值	变化范围	常见值	变化范围	常见值
黄铜矿	21	4.4 ~ 15.7	7.6	51 ~ 162	100	1171 ~ 6459	2885	446 ~ 1995	922
黄铁矿	23	8.1 ~ 25.5	9.3	76 ~ 369	249	1878 ~ 5935	2923	539 ~ 1710	1142
辉钼矿	17	5.6 ~ 17.3	8.5	146 ~ 519	368	1471 ~ 5027	2004	615 ~ 1833	853
角岩	49	2.3 ~ 9.1	3.1	444 ~ 1317	604	359 ~ 9873	4091	79 ~ 5436	1583
砂岩	18	0.6 ~ 1.4	1.0	447 ~ 2188	1108	0	0	0	0
闪长玢岩	17	0.8 ~ 1.3	0.9	450 ~ 1061	863	640 ~ 2460	1264	223 ~ 813	426
玄武岩	15	0.2 ~ 1.2	0.8	1010 ~ 3188	2018	447 ~ 6259	2368	139 ~ 2381	591
黑云石英二长斑岩	62	1.6 ~ 4.5	2.8	161 ~ 1104	704.6	71 ~ 6459	885	146 ~ 995	422
角闪石英二长斑岩	14	1.9 ~ 3.8	2.5	133 ~ 1442	936	471 ~ 5027	804	115 ~ 833	553

2.3 放射性特征

从表 2 可知, 矿区岩 (矿) 石放射性元素含量有一定的变化范围 (并且都存在涨落误差), 但总体表现为: 中酸性的石英二长斑岩的放射性元素含量最高, 中性的闪长玢岩次之, 基性的玄武岩最低。同时,

青天堡组砂岩、粉砂岩的铀、钍、钾含量比岩浆岩低得多，在砂岩、粉砂岩中圈定斑岩体时可以其作为背景值。

表 2 矿区岩（矿）石放射性参数

岩（矿）石名称	测定数	U (× 10 ⁻⁶)		Th (× 10 ⁻⁶)		K (%)	
		变化范围	平均值	变化范围	平均值	变化范围	平均值
巨（中）粗粒角闪石英二长斑岩	14	4.2 ~ 7.4	5.9	17 ~ 40	25.1	2.0 ~ 3.9	2.9
巨（中）粗粒黑云母石英二长斑岩	21	3.6 ~ 8.1	5.8	15 ~ 36	24.3	1.6 ~ 5.7	3.0
中细粒（角闪）辉石石英二长斑岩	18	6.5 ~ 8.0	6.9	10 ~ 52	25.5	3.1 ~ 8.0	4.2
中细粒黑云母石英二长斑岩	10	3.6 ~ 8.4	4.8	15 ~ 20	17.4	1.4 ~ 2.6	2.0
铜矿体（含矿角岩）	5	5.8 ~ 9.4	7.6	27 ~ 33	31.2	3.2 ~ 4.5	3.9
角岩	25	3.1 ~ 9.4	4.9	12 ~ 35	19.1	1.1 ~ 4.5	2.6
闪长玢岩	8	3.3 ~ 6.7	5.7	14 ~ 25	21.6	1.3 ~ 3.6	2.3
玄武岩	51	1.5 ~ 3.2	2.3	8 ~ 14	10.3	0.6 ~ 2.1	1.1
青天堡组中细粒砂岩	31	2.2 ~ 5.4	3.9	10 ~ 22	16.0	1.0 ~ 3.2	1.7
残坡积土	28	3.1 ~ 8.7	4.8	16 ~ 41	20.2	1.0 ~ 1.7	1.3

注：该表引自文献[2]

综上所述，矿区内开展高精度磁测、激电中梯、激电测深、伽玛能谱具有充分的地球物理前提，明显的物性特征是区分矿异常、非矿异常及干扰异常的有利条件。

3 综合物探找矿模式及效果

3.1 找矿模式

认真分析矿区物性资料，开展物探方法对比试验。经研究后发现，矿区含矿斑岩具有“弱磁化强度、高放射性、高极化、低电阻”的地球物理特征。因此，矿区物探工作总结为“四位一体”的综合物探找矿模式，工作步骤可按以下四步有序开展。

第一步：开展高精度磁测，利用含矿斑岩体及接触带的弱磁异常特征，圈定斑岩体及其接触带，确定找矿区域。

第二步：开展伽玛能谱测量，利用中酸性的斑岩，较基性的玄武岩有较强的放射性，排除玄武岩的磁异常干扰，圈定斑岩体，缩小找矿靶区。

第三步：开展激电中梯测量，利用激电异常与硫化矿物有直接的对应关系，圈定激电异常，佐证伽玛能谱、磁测工作，确定勘查对象，进一步缩小找矿靶区。

第四步：在激电异常及成矿有利地段开展激电测深工作，同时开展大比例的激电中梯、伽玛能谱、磁测等剖面工作，了解矿体的空间赋存状态，为山地工程布置提供依据。

3.2 找矿效果

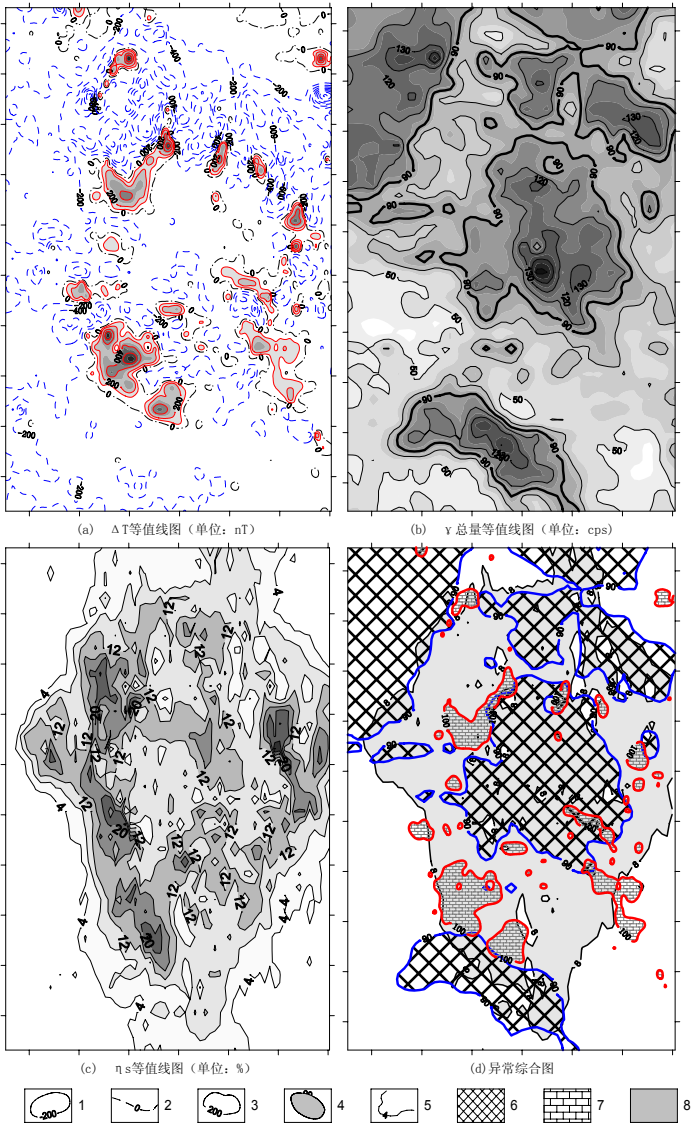


图2 矿区平面异常综合图

1. ΔT负等值线及数值； 2. ΔT零等值线及数值； 3. ΔT正等值线及数值； 4. γ总量等值线及数值； 5. ηs等值线及数值； 6. ≥90cps γ总量异常区； 7. ≥100nT ΔT异常区； 8. ≥8% ηs异常区

盐源西范坪斑岩铜矿体产于中酸性浅成—超浅成的石英二长斑岩及其接触带角岩中。根据磁测工作实际情况,所获磁异常按所处的地质环境、异常强度、形态及实地位置大体可分为两类。第一类为矿区外围西部和北部的玄武岩引起,异常一般表现为场值较高($\Delta T \geq 600 \text{ nT}$,极值可达 1662 nT)且在负地形影响的地方出现负异常,形态零乱,不具斑岩铜矿找矿意义;第二类为斑岩与青天堡组接触带角岩引起,异常一般表现为强度不大($\Delta T = 100 \sim 600 \text{ nT}$)且断续分布的低弱磁特征,可能是斑岩体在蚀变过程中生成磁铁矿、角闪石(暗边化)等铁磁性矿物的原因。图 2(a)是矿区 ΔT 磁异常等值线图,图中取 $\Delta T \geq 100 \text{ nT}$,磁异常基本分布于 80 号斑岩体周围,圈定了斑岩体及接触带区域。

图 2(b)是矿区 γ 总量等值线图,矿区范围内土壤以残坡积为主,表生地球化学作用影响较小,母岩的放射性元素在很大程度上决定了土壤层中的铀、钍和钾的含量。物性资料表明,中酸性的石英二长斑岩的放射性元素含量最高,中性的闪长玢岩次之,基性的玄武岩最低。因此,石英二长斑岩较围岩具有相对高值的 γ 总量异常。取 γ 总量 $\geq 90 \text{ cps}$ 时,等值线图明显划分成 6 个异常区,基本反映了矿区斑岩体的位置,结合磁异常,确定中间 80 号岩体有较好的找矿前景。

图 2(c)是矿区激电中梯扫面成果。根据视极化率 η_s 异常等值线图,结合地质资料,可将激电异常划分为三级,其中 I 级异常: $\eta_s \geq 16\%$; II 级异常: η_s 为 $12\% \sim 16\%$; III 级异常: η_s 为 $8\% \sim 12\%$ 。I 级异常主要位于角岩与斑岩接触部位,铜矿化较好同时黄铁矿化发育,黄铁矿干扰较大,推测为矿致异常; II、III 级异常主要分布于铜矿化较好的斑岩体内,黄铁矿干扰较小,推测为矿致异常;视极化率 η_s

$< 4\%$ 的区域与下三叠统筇天堡砂岩分布范围对应,认为是矿区激电异常的背景场。取 $\eta_s \geq 8\%$,视极化率异常分布范围覆盖磁异常、 γ 总量异常,即 80 号斑岩体及附近,见图 2(d)。激电中梯扫面工作,圈定

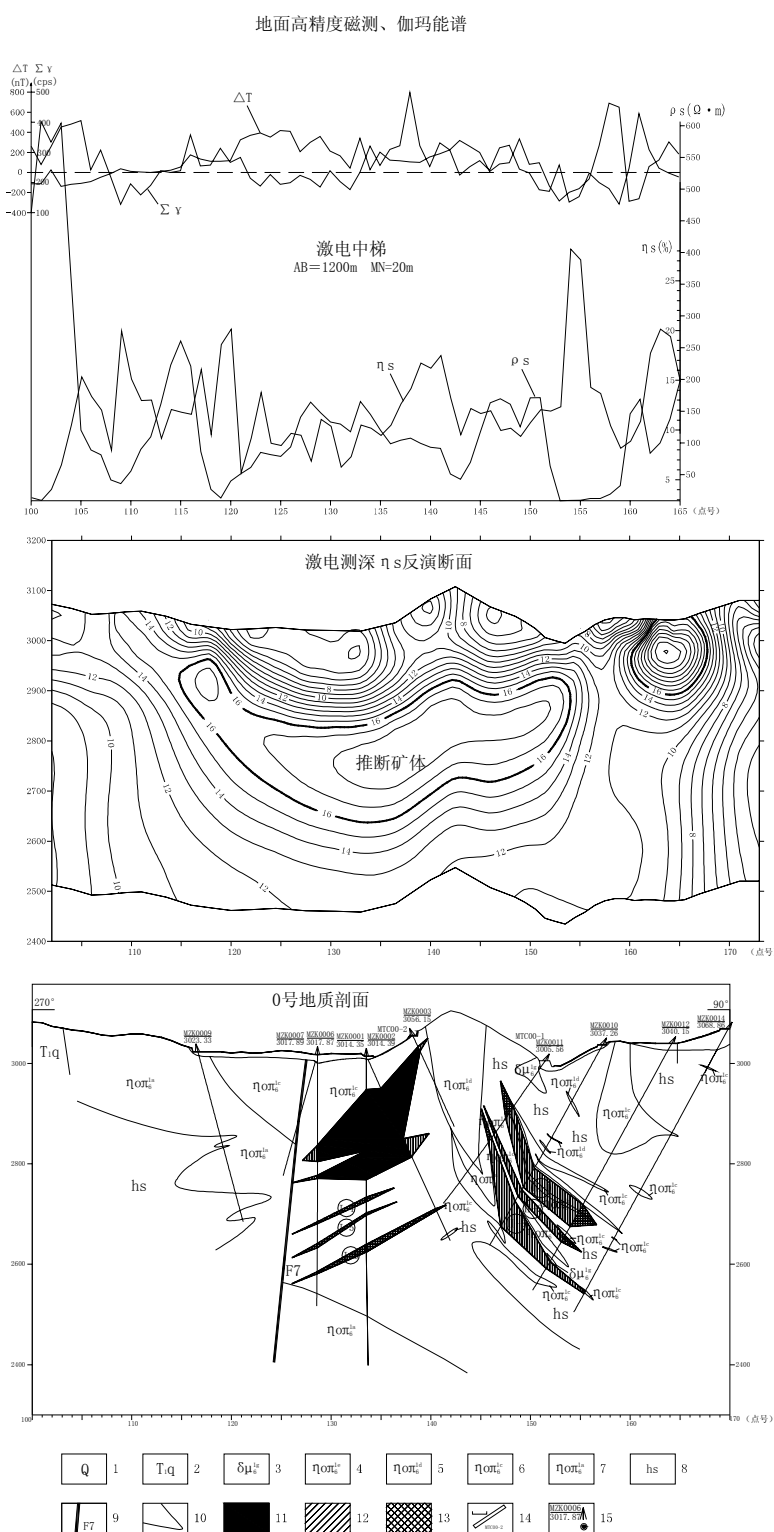


图3 矿区综合物探成果图

1. 第四系; 2. 三叠系下统青天堡组; 3. 闪长玢岩; 4. 中细粒黑云母石英二长斑岩; 5. 中细粒(角闪)辉石石英二长斑岩; 6. 巨(中)粗粒黑云母石英二长斑岩; 7. 巨(中)粗粒角闪石英二长斑岩; 8. 角岩; 9. 断层及编号; 10. 地质界线; 11. 控制资源量(332); 12. 推断资源量(333); 13. 预测资源量(334); 14. 完工的槽探及编号; 15. 完工见矿钻孔(编号/高程)

了激电异常,明确勘查对象,同时佐证了伽玛能谱、磁法工作。

面积性工作结束后,在激电异常及成矿有利地段布置激电测深工作,同时开展大比例尺的激电中梯、伽玛能谱、磁测等剖面工作,预测矿体埋深部位,为钻孔布设提供依据(图 3)。经后续钻探工作验证,矿(化)体的分布基本与综合物探推断成果吻合。

4 结论

1) 综合物探在盐源西范坪斑岩铜矿的勘探中取得较好的勘查效果。鉴于矿区地球物理特征,认为伽玛能谱、高精度磁测、激电中梯及激电测深“四位一体”的综合物探方法为本区经济有效的方法组合。

2) 目前物探的勘探成果主要集中于矿区近地表约 400m 以上,建议进一步研究矿区内深部赋存富矿体的最佳物探方法组合,补充和完善矿区地质地球物理找矿模式。

参考文献:

- [1] 何国平,吕玉增,冯天勇,等.四川省盐源县马角石斑岩铜矿物探方法找矿试验研究报告[R].成都:四川冶金地质勘察院,2010.
- [2] 王延春,颜长宁,王庆丰,等.四川省盐源县马角石铜矿区 2010 年物探工作成果报告[R].彭山:四川冶金地质勘察局六〇五大队,2011.
- [3] 汤井田,戴前伟.湘西金矿沃溪矿区的地质地球物理模型[J].物探与化探,2000,24(4).
- [4] 锰贵详.小热泉铜矿区物探找矿效果及综合找矿模式[J].物探与化探,2002,26(1).